第6講　運動量と力積

1

質量 2.0 [kg] の質点に x 軸の向きに外力 F を作用させ，x 軸上で動かすことを考える。

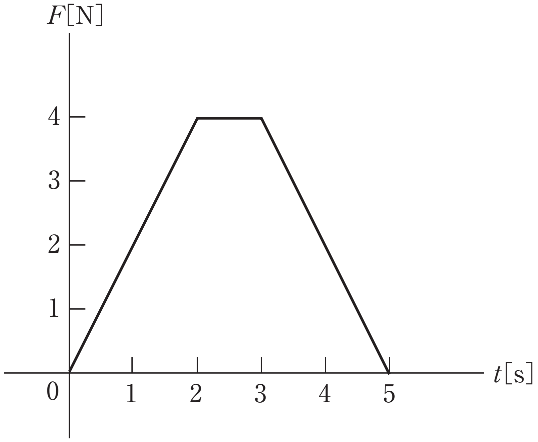
［A］　$F=3.0$ [N]（一定）のとき，

(1)　この力の $t=0$ [s] から $t=5$ [s] の力積はいくらか。

(2)　質点がはじめに静止していたとするときの，質点の最終速度はいくらか。

(3)　質点がはじめに速度 -2.0 [m/s] で運動していたときの質点の最終速度はいくらか。

［B］　力 F が次図に示すように時間的に変化する場合，



(1)　この力の $t=0$ [s] から $t=5$ [s] の力積はいくらか。

(2)　質点がはじめに静止していたとするときの，質点の最終速度はいくらか。

(3)　質点がはじめに速度 -2.0 [m/s] で運動していたときの質点の最終速度はいくらか。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2

なめらかな水平面上で，質量 m の小球Ａに初速度 v_0 を与え，静止している質量 M の小物体Ｂに衝突させる。衝突後，小球Ａおよび小物体Ｂの速度はそれぞれ右向きを正として v，V となった。この衝突のはねかえり係数を e として，以下の問に答えよ。

(1)　衝突前と衝突後の小球Ａおよび小物体Ｂに関する運動量保存則の式を立てよ。
(2)　この衝突の前後について，はねかえり係数に関する式を立てよ。
(3)　衝突後のＡとＢの速度を m，M，v_0 を用いて表せ。
(4)　衝突時に小物体Ｂが受けた力積の大きさを求めよ。
(5)　この衝突で失われた力学的エネルギーを求めよ。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜ Note ＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

3

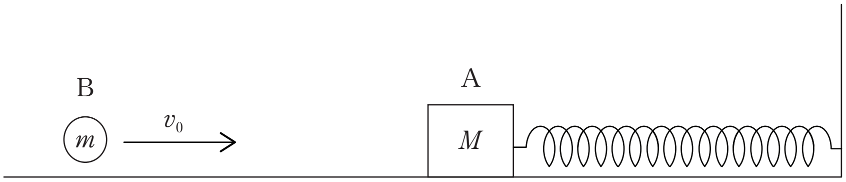
［A］

図のように，なめらかな床上に，質量 M の物体Aを置き，ばね定数 k のばねをつなげ，ばねの他端を壁に固定する。質量 m の物体Bに初速度 v_0 を与えて物体Aに衝突させたところ，その後AとBは一体となって運動した。以下の問いに答えよ。

(1)　AとBが衝突した直後の速度を求めよ。ただし，衝突の際，ばねの影響は無視してよい。

(2)　衝突時，物体BがAから受けた力積の大きさと向きを求めよ。

(3)　その後，AとBは一体となったままで，ばねを押し縮めていく。ばねは最大いくら縮むか。



［B］

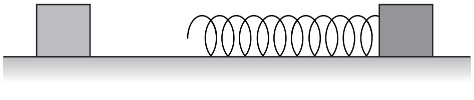
図のように，なめらかな床上に，質量 M の物体Aと質量 m の物体Bがある。Bにはばね定数 k のばねが取り付けてある。はじめに，AとBを両側から押さえてばねを l だけ押し縮めておき，押さえていた手を同時に静かに放すと2つの物体は運動した。ばねの質量は無視できるものとして，以下の問いに答えよ。

(1)　はじめに，ばねに蓄えられた弾性エネルギーはいくらか。

(2)　ばねが自然長に戻ったとき，AとBの運動エネルギーの和はいくらか。

(3)　AとBが離れた直後のAとB各々の速度を求めよ。ただし，図の右向きを速度の正の向きとする。

(4)　物体Aが物体Bから受けた力積を求めよ。ただし，図の右向きを正とする。



ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜ Note ＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第6講　確認テスト

次の文章の［　　］の中に当てはまる適当な答えをそれぞれの解答群の中から一つ選び，その記号をマークしなさい。

質量 m〔kg〕の物体に力を作用させて直線上を運動させる。最初は静止していた物体に一定の力 F〔N〕を時刻0秒から t_1 秒まで作用させた。この間の加速度は［ア］〔m/s^2〕で，時刻 t_1 秒での物体の速度は［イ］〔m/s〕となる。物体が進んだ距離は［ウ］〔m〕, 力 F〔N〕がした仕事は［エ］〔J〕である。また, 時刻 t_1 秒での物体がもつ運動量は［オ］〔kg·m/s〕, 運動エネルギーは［カ］〔J〕となる。

時刻 t_1 秒から t_2 秒までは物体に働く力をゼロにした。この間，物体は等速度運動をし，時刻 t_1 秒から t_2 秒の間に物体が進んだ距離は［キ］〔m〕となる。

時刻 t_2 秒からは運動と逆向きに一定の力を作用させて時刻 t_3 秒で物体を静止させた。このとき作用させた力の大きさは［ク］〔N〕で，加速度の大きさは［ケ］〔m/s^2〕となる。時刻 t_2 秒から t_3 秒の間に物体が進んだ距離は［コ］〔m〕である。

この運動の速度 v と時間 t の関係を表すグラフの概略は［サ］となり，加速度 a と時間 t の関係を表すグラフの概略は［シ］となる。

	①	②	③	④	⑤
ア	$\dfrac{F}{m}$	Fm	Ft_1	$\dfrac{F}{t_1}$	$\dfrac{m}{F}$
イ	$\dfrac{mt_1}{F}$	$\dfrac{Ft_1}{m}$	$\dfrac{Fm}{t_1}$	$\dfrac{F}{mt_1}$	Fmt_1
ウ	Fmt_1^2	$\dfrac{Ft_1^2}{m}$	$\dfrac{Ft_1^2}{2m}$	$\dfrac{Ft_1}{2m}$	$2F^2t_1$
エ	$\dfrac{F^2t_1^2}{2m}$	$F^2t_1^2$	$2Fmt_1$	$\dfrac{2F^2t_1^2}{m}$	$\dfrac{Ft_1}{2}$
オ	mt_1^2	Ft_1	Ft_1^2	$2Ft_1$	Fmt_1
カ	$\dfrac{F^2t_1^2}{2m}$	$2Fmt_1^2$	$\dfrac{F^2t_1^2}{m}$	$\dfrac{Ft_1}{2m}$	F^2mt_1
キ	$\dfrac{Ft_1t_2}{m}$	$\dfrac{Ft_1(t_2-t_1)}{m}$	$\dfrac{F(t_2-t_1)}{m}$	$\dfrac{mt_2}{Ft_1}$	$\dfrac{F(t_1-t_2)}{m}$
ク	F	$\dfrac{Ft_1}{t_3-t_2}$	$\dfrac{Ft_1}{t_3}$	$\dfrac{Ft_1t_2}{t_3}$	$\dfrac{F(t_2-t_1)}{t_3-t_1}$
ケ	$\dfrac{Fmt_1}{t_3}$	$\dfrac{F}{mt_3}$	$\dfrac{F(t_2-t_1)}{m(t_3-t_1)}$	Fm	$\dfrac{Ft_1}{m(t_3-t_2)}$

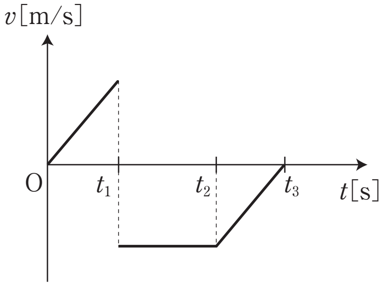
©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

コ　①　$Fmt_3^{\,2}$　②　$F^2m(t_3-t_2)^2$　③　$\dfrac{Ft_2t_3}{2m}$　④　$\dfrac{Ft_1(t_3-t_2)}{2m}$

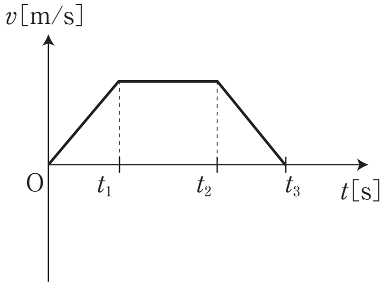
⑤　$\dfrac{F^2t_1(t_3-t_1)}{m}$

サ

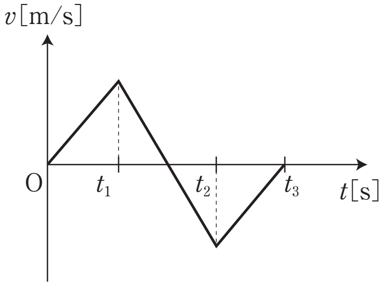
①



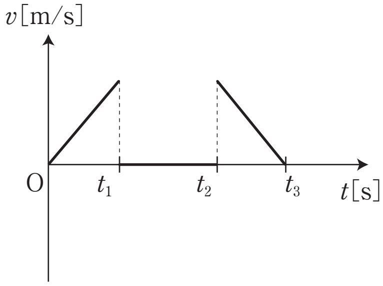
②



③

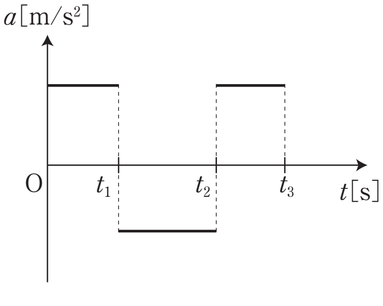


④

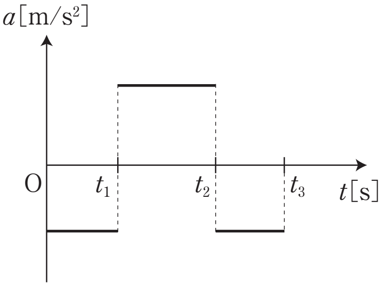


シ

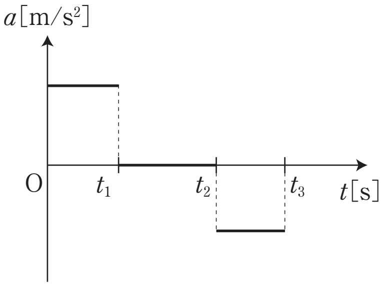
①



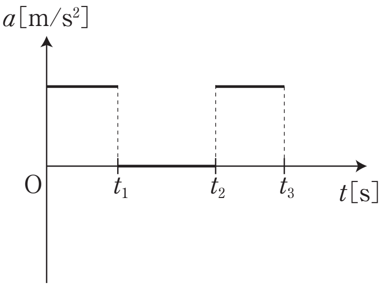
②



③



④



©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第６講　運動量と力積

1

［A］

(1)　15［N・s］

(2)　7.5［m/s］

(3)　5.5［m/s］

［B］

(1)　12［N・s］

(2)　6.0［m/s］

(3)　4.0［m/s］

2

(1)　$mv_0 = mv + MV$

(2)　$-ev_0 = v - V$

(3)　A：$\dfrac{m-eM}{m+M}v_0$　　B：$\dfrac{m(1+e)}{m+M}v_0$

(4)　$\dfrac{mM(1+e)}{m+M}v_0$

(5)　$\dfrac{mM(1-e^2)}{2(m+M)}{v_0}^2$

3

［A］

(1)　$\dfrac{m}{m+M}v_0$

(2)　大きさ：$\dfrac{mM}{m+M}v_0$　　向き：左向き

(3)　$\dfrac{mv_0}{\sqrt{k(m+M)}}$

［B］

(1)　$\dfrac{1}{2}kl^2$

(2)　$\dfrac{1}{2}kl^2$

(3)　A: $-l\sqrt{\dfrac{km}{M(m+M)}}$　　B: $l\sqrt{\dfrac{kM}{m(m+M)}}$

(4)　$-Ml\sqrt{\dfrac{km}{M(m+M)}}$

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第6講　確認テスト

【解答】

ア ①　イ ②　ウ ③　エ ①　オ ②　カ ①　キ ②　ク ②
ケ ⑤　コ ④　サ ②　シ ③

【解説】

(ア)　運動方程式：$ma_1=F$　　$\therefore\ a_1=\underline{\dfrac{F}{m}}$

(イ)　$v_1=a_1t_1=\underline{\dfrac{Ft_1}{m}}$

(ウ)　$x_1=\dfrac{1}{2}a_1{t_1}^2=\underline{\dfrac{F{t_1}^2}{2m}}$

(エ)　$W_1=F\cdot x_1=F\times\dfrac{F{t_1}^2}{2m}=\underline{\dfrac{F^2{t_1}^2}{2m}}$

(オ)　$P_1=m\times v_1=m\times\dfrac{Ft_1}{m}=\underline{Ft_1}$

(カ)　$K_1=\dfrac{1}{2}m{v_1}^2=\dfrac{1}{2}m\left(\dfrac{Ft_1}{m}\right)^2=\underline{\dfrac{F^2{t_1}^2}{2m}}$

(キ)　速度は v_1 で一定ゆえ，進んだ距離は

$$v_1\times(t_2-t_1)=\underline{\frac{Ft_1}{m}(t_2-t_1)}$$

(ク)　運動量と力積の関係

$$\underbrace{mv_1}_{t=t_2\text{での運動量}}+\underbrace{(-F')\cdot(t_3-t_2)}_{t=t_2\text{から}t=t_3\text{で与えた力積}}=\underbrace{0}_{t=t_3\text{で止まったときの運動量}}\qquad\therefore\ F'=\underline{\frac{Ft_1}{t_3-t_2}}$$

(ケ)　運動方程式

$$ma'=-F'\qquad\therefore\ |a'|=\frac{F'}{m}=\underline{\frac{Ft_1}{m(t_3-t_2)}}$$

(コ)　$x_2=v_1(t_3-t_2)+\dfrac{1}{2}\left\{-\dfrac{Ft_1}{m(t_3-t_2)}\right\}(t_3-t_2)^2=\underline{\dfrac{Ft_1(t_3-t_2)}{2m}}$

【別解】仕事とエネルギーの関係より

$$\underbrace{\frac{1}{2}m{v_1}^2}_{t=t_2\text{で持つ運動エネルギー}}+\underbrace{(-F')\cdot x_2}_{\text{加えられた仕事}}=\underbrace{0}_{t=t_3\text{で stop}}\qquad\therefore\ x_2=\frac{m{v_1}^2}{2F'}=\underline{\frac{Ft_1(t_3-t_2)}{2m}}$$

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。